

**Программа лекций по общему курсу физики, раздел «Оптика»
по направлению «Физика», физический факультет СГУ
(2013 г.)**

1	<u>Введение.</u> Оптика в современной физике. Краткая история развития оптики и основные разделы оптики. Открытия в оптике в 20-ом столетии.
	Электромагнитные волны оптического диапазона. Поляризация света
2	<u>Электромагнитные волны в однородных, изотропных, не поглощающих, диэлектрических средах.</u> Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Уравнение волны. Плоская монохроматическая волна. Основные характеристики колебаний и волн и их физический смысл. (Амплитуда, фаза, частота, круговая частота, волновое число, длина волны, фазовая скорость, фронт волны, волновые поверхности.) Пространственно-временная периодичность волнового поля. Пространственный спектр волны. Пространственные периоды и частоты. Пространственно неоднородная монохроматическая волна. Сферическая и цилиндрическая волны. Уравнение параксиальной сферической волны. Представление монохроматических волн в комплексном виде. Комплексная амплитуда волнового поля. Уравнение Гельмгольца.
3.	<u>Энергия электромагнитных волн.</u> Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света. Источники света. Приемники света. Шкала электромагнитных волн. Оптический диапазон.
4.	<u>Поляризация плоской монохроматической электромагнитной волны.</u> Поперечность электромагнитной волны. Взаимная ориентация волнового вектора, векторов электрического и магнитного полей в плоской волне. Типы поляризации электромагнитных волн. Линейно (плоско) поляризованная волна. Плоскость поляризации. Круговая (циркулярная) и эллиптическая поляризации. Суперпозиция ортогонально поляризованных волн с различными частотами. Суперпозиция ортогонально поляризованных волн с изменяющимися во времени начальными фазами. Естественный и частично поляризованный свет. Степень поляризации.
5.	<u>Стоячие электромагнитные волны.</u> Уравнение стоячей волны. Оптический резонатор. Регистрация стоячих электромагнитных волн. Опыт Винера. Цветная фотография Липпмана и объемная голограмма Денисюка.
6.	<u>Квазимонохроматические волны.</u> Излучение дипольного осциллятора. Разложение по гармоническим составляющим. Частотный спектр. Модулированные волны. Амплитудная и фазовая модуляции. Волновой пучок конечной длительности. Соотношение между длиной пучка и шириной спектрального интервала. Суперпозиция двух плоских монохроматических волн различной частоты. Биения. Групповая скорость. Формула Рэлея. Дисперсия света.
	Отражение и преломление света
7.	<u>Отражение и преломление света на плоской границе раздела двух изотропных диэлектриков.</u> Законы отражения и преломления света. Соотношения амплитуд падающей, отраженной и преломленной волн – формулы Френеля. Следствия из формул Френеля. Изменение параметров волны при отражении и преломлении. Изменение фазы волны при отражении. Зависимость коэффициента отражения от угла падения. Изменение азимута колебаний линейно поляризованной волны при отражении и преломлении. Эффект Брюстера. Поляризация света при отражении под углом Брюстера. Брюстеровские окна в лазере. Степень поляризации отраженного и преломленного света. Стопа Столетова. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Закон сохранения энергии при отражении и преломлении света. Коэффициент отражения при произвольном азимуте линейной поляризации. Коэффициент отражения для естественного (хаотически поляризованного) света.

8.	<p><u>Полное внутреннее отражение.</u> Критический (предельный) угол полного отражения. Оптические элементы и приборы, работающие на полном внутреннем отражении. Волоконные и планарные световоды. Волоконная оптика. Интегральная оптика.</p> <p>Неоднородная волна вблизи границы раздела сред. Нарушенное полное внутреннее отражение. Изменение фазы волны при полном внутреннем отражении. Изменение состояния поляризации света при полном внутреннем отражении. Параллелепипед Френеля.</p>
9.	<p><u>Отражение света поверхностью металлов.</u> Коэффициент отражения металлов. Глубина проникновения преломленной волны. Изменение состояния поляризации линейно поляризованной волны при отражении поверхностью металлов. Эллипсометрия.</p>
<p>Оптика анизотропных сред. Кристаллооптика</p>	
10.	<p><u>Распространение света в анизотропной среде.</u> Тензор диэлектрической проницаемости. Одноосные и двуосные оптические кристаллы.</p> <p>Плоская монохроматическая волна в анизотропной среде. Взаимная ориентация векторов электромагнитного волнового поля в анизотропной среде. Фазовая скорость волны в анизотропной среде.</p> <p>Обыкновенные и необыкновенные волны.</p> <p>Уравнения для лучевых скоростей в одноосном кристалле. Поверхности лучевых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн в одноосном кристалле. Положительные и отрицательные кристаллы.</p> <p>Двулучевое преломление света на границе анизотропной среды. Построения Гюйгенса для одноосных кристаллов.</p>
11.	<p><u>Поляризационные устройства.</u> Дихроичные пластины и поляроиды. Закон Малюса. Кристаллические фазовые пластинки. Изменение состояния и параметров поляризации света с помощью фазовых пластин. Пластины в $\lambda/4$ и $\lambda/2$. Компенсаторы.</p> <p>Устройства с фазовыми пластинами между линейными поляризаторами (поляроидами).</p> <p>Поляризационные призмы Николя, Волластона, Рошона, Сенармона.</p> <p>Жидкие кристаллы. Устройство и принцип действия ЖК дисплеев. ЖК затворы. Принципы 3D дисплеев.</p> <p><u>Искусственная анизотропия.</u> Фотоупругость – фотоэластический, пьезооптический эффект. Закон Брюстера для фотоупругости. Полярископы.</p> <p>Электрооптические эффекты Керра и Погкельса. Оптические затворы и модуляторы.</p> <p>Эффект Коттона-Мугтона.</p>
<p>Интерференция света</p>	
12.	<p><u>Интерференция монохроматических волн точечных источников.</u> Основное уравнение интерференции монохроматических волн (вывод уравнения с использованием векторной диаграммы и комплексной формы записи для уравнения световой волны). Пространственное распределение интенсивности в интерференционной картине. Интерференционные полосы. Контраст (видность) интерференционных полос.</p> <p>Интерференция плоских и сферических волн. Форма и пространственный период интерференционных полос.</p>
13.	<p><u>Взаимная когерентность волн.</u> Уравнение интерференции частично когерентных волн.</p> <p>Способы получения взаимно когерентных световых волн. Интерферометры.</p> <p>Оптический путь, оптическая разность хода. Связь разности фаз волн с их оптической разностью хода. Условия формирования светлых и темных интерференционных полос – максимумов и минимумов интенсивности.</p> <p>Интерференционные полосы равного наклона и равной толщины. Оптическая разность хода лучей света при отражении от границ плоского прозрачного слоя. Полосы равного наклона. Оптический клин. Полосы равной толщины.</p>

14.	<p><u>Интерферометры с делением исходной волны по амплитуде и по волновому фронту.</u> Интерферометры с делением исходной волны по амплитуде. Интерферометр Ньютона, кольца Ньютона. Определение радиуса кривизны сферической поверхности линзы с помощью колец Ньютона. Интерферометр Майкельсона. Разность хода волн в интерферометре Майкельсона. Изменение интенсивности света на выходе интерферометра Майкельсона при смещении одного из зеркал интерферометра. Измерение величины смещения и скорости смещения объектов с помощью интерферометра Майкельсона. Интерферометр Маха-Цендера. Разность хода волн в интерферометре Маха-Цендера. Измерение изменения показателя преломления вещества с использованием интерферометра Маха-Цендера.</p>
15.	<p>Интерферометры с делением исходной волны по волновому фронту. Интерферометр Юнга. Период интерференционных полос Юнга. Определение длины волны света с помощью интерферометра Юнга. Интерферометр Релея. Интерференционные опыты с делением волнового фронта: бипризма Френеля, зеркала Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда.</p>
16.	<p><u>Интерференция монохроматических волн различной частоты.</u> Зависимость наблюдаемой картины от постоянной времени фотоприемника и разности частот.</p>
17.	<p><u>Интерференция квазимонохроматических волн точечных источников света.</u> Функция взаимной когерентности световых волн. Временная когерентность световых волн. Время и длина временной когерентности. Длина волнового цуга. Соотношения между временем когерентности и шириной спектрального интервала. Условие наблюдения интерференции квазимонохроматических волн точечных источников. Соотношение между разностью хода волн в интерферометре и длиной временной когерентности. Предельная разность хода и полное число наблюдаемых интерференционных полос. Интерференция света при отражении от тонких пленок – цвета тонких пленок. Проявление временной когерентности света в интерферометре Майкельсона. Спектральная интерференция (интерференция при больших разностях хода).</p>
18.	<p><u>Интерференция квазимонохроматических волн протяженных источников света.</u> Поперечная пространственная когерентность. Роль конечных размеров источника света. Длина поперечной когерентности. Зависимость длины поперечной когерентности от угловых размеров источника света. Интерферометр Юнга с протяженным источником света. Зависимость контраста интерференционных полос Юнга от размеров источника света. Звездный интерферометр Майкельсона и его современные модификации. Измерение угловых размеров звезд с использованием эффекта пространственной когерентности. Влияние пространственной когерентности света при интерференции в тонких пленках.</p>
19.	<p><u>Многолучевая интерференция.</u> Дифракционная решетка – многолучевой интерферометр с делением по волновому фронту. Интерферометр Фабри-Перо. Распределение интенсивности в интерференционных картинах на выходе интерферометра Фабри-Перо в проходящем и отраженном свете. Разность фаз и разность хода лучей в интерферометре Фабри-Перо. Применение интерферометра Фабри-Перо в высокоразрешающей спектроскопии. Интерферометр Фабри-Перо – лазерный резонатор. Интерференционные светофильтры. Многослойные диэлектрические интерференционные зеркала. Фотография Липпмана в натуральных цветах. Голограммы Денисюка. Просветление поверхностей оптических деталей.</p>
	<p><u>Интерференция поляризованных волн.</u> Интерференция ортогонально поляризованных плоских волн. Кристаллические пластинки между двумя поляроидами.</p>

Дифракция света	
20.	<p><u>Дифракция волн</u>. Схемы наблюдения дифракционных явлений. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля. Зонная теория дифракции Френеля. Зоны Френеля. Радиусы зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Векторная диаграмма. Дифракция света на круглом экране. Пятно Пуассона. Зонная пластинка Френеля и ее сравнение с линзой. Амплитудная и фазовая зонные пластины Френеля. Линза Френеля. Дифракция Френеля на прямолинейном краю плоского экрана. Спираль Корню. Распределение освещенности в дифракционной картине.</p>
21.	<p><u>Дифракция Фраунгофера – дифракция дальнего поля</u>. Дифракция Фраунгофера на щели и на прямоугольном отверстии. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии. Дифракционная расходимость (уширение) световых пучков. Дифракционная расходимость излучения полупроводникового лазера. Лазерные гауссовы пучки. Дифракционный предел разрешения оптических систем. Дифракционно ограниченные оптические системы. Фокусировка оптических пучков. Предельные поперечные размеры сфокусированного пучка света.</p>
22.	<p><u>Дифракционные решетки</u>. Амплитудная щелевая дифракционная решетка. Условия наблюдения главных максимумов дифракции. Распределение интенсивности в картине дифракции света на амплитудной дифракционной решетке. Фазовые дифракционные решетки. Синусоидальная дифракционная решетка. Получение дифракционной решетки путем фотографирования интерференционной картины. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность дифракционной решетки. Дифракционный спектрограф. Объемные дифракционные решетки. Дифракция Брэгга-Вульфа. Дифракция света на акустических волнах.</p>
23.	<p><u>Физические принципы голографии</u>. Голографические схемы записи и восстановления световых полей. Голографическая интерферометрия. Голограммные оптические элементы. Объемные голограммы Денисюка. Цифровая голография.</p>
Молекулярная оптика	
24.	<p><u>Распространения света в изотропной диспергирующей среде</u>. Поляризация среды. Дисперсия вещества. Дисперсия света. Уравнение плоской монохроматической волны в поглощающей среде. Закон Бугера. Волновые пакеты. Групповая скорость волны. Формула Рэлея. Классическая электронная теория дисперсии. Уравнение движения осциллятора во внешнем поле. Дисперсия вдали от линии поглощения. Формула Коши. Формула Лоренц-Лорентца. Дисперсия в области линии поглощения. Аномальная дисперсия. Дисперсионная кривая и спектральный контур поглощения света. Экспериментальные методы исследования аномальной дисперсии. Метод скрещенных призм. Интерференционный метод с использованием интерферометра Маха-Цендера. Метод "крюков" Рождественского.</p>
25.	<p><u>Эффект вращения плоскости поляризации света в среде</u>. Естественное вращение плоскости поляризации – естественная оптическая активность. Представление линейно поляризованного света в виде суперпозиции циркулярно поляризованных волн. Призма Френеля. Сахарометрия. Поляриметры. Эффект вращения плоскости поляризации света в среде в магнитном поле - эффект Фарадея.</p>
26.	<p>Рассеяние света в неоднородных средах и его закономерности. Поляризация рассеянного света. Индикатриса рассеяния. Закон Релея. Молекулярное рассеяние. Объяснение цвета зари и неба. Теория рассеяния Ми. Упругое и неупругое рассеяния света. Комбинационное рассеяние.</p>
27.	<p>Нелинейная оптика. Генерация второй гармоники. Самофокусировка световых пучков. Просветление, многофотонное поглощение. Вынужденное рассеяние света.</p>

Оптика движущихся тел	
28.	Скорость света и методы ее определения. Лабораторные методы: Физо - метод прерываний, и Фуко - метод вращающегося зеркала. Астрономические методы: Ремера - по спутникам Юпитера, и Брайля - метод аберраций.
29.	Проявление движения среды в интерференционных опытах. Опыт Физо с кольцевым интерферометром и движущейся жидкостью. Эффект Саньяка. Кольцевой интерферометр Саньяка. Волоконный кольцевой интерферометр Саньяка. Интерференционный гироскоп. Опыт Майкельсона по обнаружению движения Земли вокруг Солнца интерференционным методом.
30.	Эффект Доплера в оптике. Проявление эффекта Доплера в спектральных исследованиях (частотный сдвиг спектральных линий излучения звезд, Доплеровское уширение спектральных линий). Проявление эффекта Доплера при интерференции и дифракции света. Сдвиг частоты света при дифракции на движущейся дифракционной решетке. Дифракция света на бегущей акустической волне.

Перечень основной и дополнительной литературы

а) основная литература:

1.	Бутиков Е.И. Оптика. - С.-Петербург: Невский Диалект: БХВ-Петербург. 2003. - 480 с.
2.	Ландсберг Г.С. Оптика. Издание 5-е. - М.: Наука, 1976. - 928 с. Издание 6-е. - М.: Наука, 2006. - 928 с.
3.	Савельев И. В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 9-е изд. Учебное пособие в 3х томах. - М: Астрель АСТ 2005, 2007 – 336 с:
4.	Калитеевский Н. И. Волновая оптика Учебное пособие – 5е издание стер. СПб, М: Краснодар: Лань, 2008-465 с
5.	Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. С.-П. Изд-во «Питер», 2006. – 336 с.
6.	Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие. В 5-ти томах. Т.4. Оптика Учебное пособие для ВУЗ в 5ти томах. - М; ФИЗМАТЛИТ, 2005-2006 - 792 с.
7.	Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика: Учебник. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 656 с. 2-е изд. - М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. - 656 с.
8.	Матвеев А.Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985. - 351 с.
9.	Годжаев Н.М. Оптика. - М.: Высшая школа, 1977. - 432 с.
10.	Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. 3-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 656 с.
Задачники. Физический практикум	
11.	Сборник задач по общему курсу физики. В 5 томах. Т.4. Оптика/В.Л. Гинзбург (и др): под редакцией Д.В.Сивухина - 5е издание стер.-М: Лань-ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 267 с.
12.	Рябухо В.П. Сборник задач по общему курсу физики. Волновая оптика. – СГУ. Кафедра оптики и биофотоники. 2013. 111 с. http://optics.sgu.ru/library/education
13.	Физический практикум. Оптика. http://optics.sgu.ru , http://optics.sgu.ru/library/education , http://optics.sgu.ru/library/education/laboptics
14.	Иродов И. Задачи по общей физике Учебное пособие/И.Е.Иродов-10е издание стер. СПб: М: Краснодар: Лань, 2006-416 с:
15.	Ильичева Е.Н., Кудеяров Ю.В., Матвеев А.Н. Методика решения задач оптики. /Под ред. А.Н.Матвеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 232 с.
16.	Физический практикум. Электричество и оптика. Под ред. В.И. Ивероновой. М.; Наука, 1968.

б) дополнительная литература:

17.	Борн М., Вольф Э. Основы оптики. - М.: Наука, 1973. - 720 с.
18.	Дитчберн Р. Физическая оптика. 1965.
19.	Учебно-методические материалы по оптике, размещенные на Интернет-сайте кафедры оптики и биофотоники http://optics.sgu.ru , http://optics.sgu.ru/library/education
20.	Федосов И.В. Геометрическая оптика (учебное пособие). - Саратов: Сателлит. – 2008. – 92 с. http://optics.sgu.ru/library/education/geomoptics